

Title	Methane dynamics in a temperate forest revealed by plot-scale and ecosystem-scale flux measurements(Abstract_要旨)
Author(s)	Sakabe, Ayaka
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2015-03-23
URL	http://dx.doi.org/10.14989/doctor.k19029
Right	学位規則第9条第2項により要約公開
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	none

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	坂部 綾香
論文題目	Methane dynamics in a temperate forest revealed by plot-scale and ecosystem-scale flux measurements （プロットスケールと生態系スケールのフラックス測定によって明らかになった温帯林におけるメタン動態）		
（論文内容の要旨）			
<p>メタン（CH₄）は二酸化炭素（CO₂）に次ぐ温室効果ガスである。地球温暖化問題が深刻化している中、土壌によるCH₄の放出源、吸収源としての両面の役割を定量評価する必要がある。湛水した嫌氣的土壌では、CH₄生成菌によるCH₄生成が、水分不飽和な酸化的土壌では、CH₄酸化菌によるCH₄酸化が起こる。森林土壌の大部分は酸化的土壌から成るため、主要なCH₄の吸収源と考えられてきた。しかし、アジアモンスーン気候の下では、CH₄生成菌、CH₄酸化菌両方の活性が盛んな夏に多雨を迎え、流域内に湿地が多く存在するため、森林地帯全体として見た場合に、CH₄吸収源とは限らない可能性がある。</p> <p>生態系スケール（10⁴~10⁶ m²）におけるCO₂をはじめとするガスの放出・吸収速度（フラックス）を測定するには、微気象学的手法である渦相関法が主流となっているが、森林におけるCH₄濃度は低く変動も小さいため、CH₄濃度計の測定精度の不足によって、渦相関法の適用は困難である。そこで本研究では、アジアモンスーン気候下の温帯ヒノキ林（桐生水文試験地：35°N, 136°E）において、チャンバー法によるプロットスケールと、微気象学的手法である簡易渦集積法（REA法）による生態系スケールのCH₄フラックス測定に取り組むことで、CH₄動態の解明を目指した。</p> <p>まず、マニュアルチャンバー測定の結果から、湿地におけるCH₄放出は、水分不飽和な林床土壌におけるCH₄吸収に比べて量的に大きく、また時空間変動性が大きいことが明らかになった。そのため、森林におけるCH₄動態の理解には、湿地におけるCH₄動態の理解が重要であり、湿地や、林床のようなコンパートメントごとのCH₄動態を調べる必要があると示唆された。</p> <p>また、林床において、自動連続チャンバー測定によるCH₄フラックスの環境応答性を調べた結果、CH₄吸収は夏の降雨時に著しく減少し、その後、乾燥した夏に回復し最大となるといった時間的に詳細な季節変化の様子が捉えられた。CH₄フラックスと地温や土壌含水率との関係、あるいはフラックスの降雨応答性は、地下水帯の有無、表層の有機物量によって異なり、そのことが年間のCH₄収支にも大きな変動性をもたらした。また、CO₂フラックスを同時に測定し、それとCH₄フラックスの挙動との比較によって、ガス拡散性や微生物活性の観点からみたCH₄フラック</p>			

スの変動要因の評価情報が得られた。

次に、REA法とレーザ式CH₄濃度計を用いた、生態系スケールのCH₄フラックスを測定するシステムの開発を行った。REA法の検証として、フラックス計算式中に存在する実験係数 b の特性を、森林タイプの異なる3サイトのデータを用いて調べた結果から、フラックスの誤差を最小限にするには、係数 b を大気安定時と不安定時でそれぞれ、またサイトごとに算出することを推奨した。加えて、REA法によるCO₂フラックスが渦相関法によるものと一致すること、REAシステムの検出限界が観測値を下回ることを確認することによって、REA法の有用性を示した。そして、この観測により、森林が生態系スケールで、CH₄放出源、CH₄吸収源として、季節ごとに切り替わる様子が次のように明らかになった。すなわち、夏から秋にかけてCH₄放出が観測され、冬季にCH₄フラックスは減少した。春にはCH₄吸収に転じ、数日間無降雨が続いた時に、最大のCH₄吸収が観測された。その後、夏の集中的な降雨によりCH₄吸収は弱まり、放出に転じた。観測されたCH₄フラックスの季節変化は、環境変動に伴うCH₄生成菌とCH₄酸化菌の活性のバランスの変化によるものと推定された。また、数時間単位、数日単位で、CH₄フラックスは、降雨に敏感に反応し、降雨後にCH₄放出の増加、吸収の減少、吸収から放出へ切り替わる様子が観測された。

本研究によって定量評価が可能となった森林におけるCH₄フラックスの変動幅は、湿地や水田におけるCH₄放出量に比べて小さかったとはいえ、生態系スケールにおける森林のCH₄放出量は無視できる量ではなかった。また、CH₄フラックスは、プロットスケールでも生態系スケールでも降雨の影響を顕著に受けており、流域内の湿地や林床でCH₄フラックスが地温や土壌含水率に敏感に反応した結果、生態系スケールでアジアモンスーン気候下の温帯林が季節的にCH₄の放出源として働くことも示された。本研究により、プロットスケールのプロセス理解から、生態系スケールのCH₄フラックスの変動要因について考察することが可能となり、両スケールで整合した森林におけるCH₄動態が初めて描き出された。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

気候温暖化が進行する中、人間活動によって放出される温室効果ガスの大気中濃度変化に対する森林の役割を定量評価する必要がある、その情報が地球規模のモデル予測に活かされている。この定量評価においては、気候環境条件に対する森林と大気とのガス交換の詳細を現地観測で把握することが最重要課題であることは言うまでもない。さて、二酸化炭素 (CO_2) に並ぶ温室効果ガスのメタン (CH_4) については、湛水した嫌氣的土壌では放出が起こり、水分不飽和な酸化的土壌では吸収が起きるという両方向の効果を問題にしなければならないが、森林は後者がこれまで強調されてきた。しかし、夏季に雨の多いアジアモンスーン気候下では、森林生態系に含まれる湿地からの大きな放出が特徴的であることが最近わかってきて、放出・吸収両面に関する詳しい理解が求められている。本研究は、プロットスケールでの詳細な吸収放出プロセスをチャンバー法で把握するのに加え、生態系スケールの吸収放出交換量 (フラックス) に関する森林観測タワーでの観測手法を開発・検証し、メタン動態を総合的に明らかにしたもので、評価できる点は下記の通りである。

1. 湿地における CH_4 放出は、水分不飽和な林床土壌における CH_4 吸収に比べて量的に大きく、また時空間変動性が大きいことが示された。
2. 林床において、 CH_4 フラックスを CO_2 フラックスとともにチャンバーで連続測定した結果、地温・土壌含水率との関係や降雨応答性が土壌含水率、表層の有機物量によって異なること、ガス拡散性、微生物活性の両方の影響が検出されることを明らかにした。
3. 生態系スケールでの CH_4 フラックスは、 CO_2 交換観測に一般的に用いられる渦相関法が精度的に困難であるため、簡易渦集積法 (REA法) を適用して評価した。そのために、まず、渦相関法には含まれない実験係数の特性を本研究の主たる観測サイト以外の2カ所でも検討し、さらに、REA法による CO_2 フラックスが渦相関法によるものと一致することを検証した。これにより、REA法を、森林の生態系スケールにおける CH_4 フラックス観測評価のための手法として確立させた。
4. REA法を適用することにより、春の無降雨が続いた時に最大の CH_4 吸収が見られ、夏の集中的降雨によって放出に転じるなど、森林においては、生態系スケールで CH_4 の放出源と吸収源が切り替わることが、初めて明らかになった。

以上のように、本論文は、アジアモンスーン気候下での温帯林におけるメタン動態を、生態系スケールでの新たなフラックス観測手法とプロットスケールでの詳細なプロセス把握の両方によって明らかにしたもので、森林水文学、森林生態学、農業気象学の発展に寄与するものであり、地球環境問題への貢献も大き

い。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成27年2月16日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注）論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）